شبكة نقل مستدام فاعلة
حالة دراسة

Sustainable Transport: An Efficient Transportation Network—Case Study

Marek Ogryzek [1,*] , Daria Adamska-Kmieć [2] and Anna Klimach [1]

[1] Department of Land Management and Geographic Information Systems, Faculty of Geoengineering, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Prawochenskiego street 15, 10-720 Olsztyn, Poland; anna.klimach@uwm.edu.pl

[2] Faculty of Geoengineering, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Prawochenskiego street 15, 10-720 Olsztyn, Poland; dariaadamska@o2.pl

* Correspondence: marek.ogryzek@uwm.edu.pl

Received: 10 September 2020; Accepted: 30 September 2020; Published: 8 October 2020

ترجمة بتصرف
أ.د. مضر خليل عمر

المقدمة

يجب أن تلبي أنظمة النقل المصممة بشكل صحيح متطلبات التنقل والأشخاص وأن توفر أيضًا مركبات آمنة وصديقة للبيئة . وفقًا للجنة العالمية للبيئة والتنمية ، يجب على البشرية أن تسعى جاهدة لتحقيق التنمية المستدامة لتلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة تلبية متطلبات الأجيال القادمة . يلعب نظام النقل دورًا مهمًا في التنمية المستدامة للفضاء . يلعب دورًا في التنمية المستدامة للفضاء ، لأن النقل يوفر الوصول إلى الفرص الاقتصادية والاجتماعية لجميع المجتمعات . يجب أن يهدف الأشخاص الذين يعيشون في المناطق الفردية إلى تطوير أنظمة نقل مستدامة ، ولا سيما شبكات الطرق ، والتي ستمكنهم من تحقيق مستوى مناسب من النمو في كل من المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية . ومع ذلك ، علينا أن نعترف بأن الجانب البيئي والحاجة المرتبطة به للتغلب على الحواجز الطبيعية هي أحدى التحديات التي نواجهها عند إنشاء شبكة النقل . علاوة على ذلك ، يؤكد الباحثون الليتوانيون أن تحديث البنية التحتية للنقل " ينبغي أن يضمن التنقل المستدام ، والتواصل بين الأفراد ، وإقامة علاقات فعالة مع وكلاء الأعمال ومع توفير الدعم للاقتصاد الوطني " . تعد إمكانية الوصول إلى النقل (الاتصالات) عاملاً هامًا في تحديد التنمية المستدامة للتجمعات والمدن . لا ينبغي فقط النظر في الجوانب الفنية والسطحية بوضوح في مجال النقل والظروف الاقتصادية للمنطقة ؛ ينبغي أيضًا مراعاة توقعات الأشخاص والحلول المثلى التي من شأنها أن تكون صديقة للبيئة وتوجه النقل نحو الاستدامة . أهم ميزة في مجال التخطيط هي السلامة على الطرق ، وخاصة لراكبي الدراجات والمشاة .

يجب توفير بنية تحتية آمنة لتلك الأنواع من النقل وهذا يعني الفصل المادي للأشخاص عن منطقة الطريق ، وإذا لم يكن ذلك ممكنًا ، فيجب تقليل سرعات السيارات وتوفير التعليم حول السلامة على الطرق منذ سن مبكرة . لا يجب أن يمتلك المخططون الحضريون الذين يهتمون بالنقل المعرفة التقنية فحسب ، بل **يجب عليهم أيضًا إظهار البراعة والابتكار** . علاوة على ذلك ، يعتمد شكل النقل في المدينة على كفاءة وحدات الحكومة المحلية ، حينها يؤدي هذا الشكل من ممارسات تخطيط المدن إلى النقل المستدام .

من ناحية أخرى ، ترتبط استدامة النقل في المدن بالتنفيذ العالي الجودة للأنظمة المبتكرة والحاجة إلى كسب ثقة الجمهور . يعتمد تخطيط النقل غير الآلي على الجمع بين تحسين البنية التحتية والتعليم . يرى منظور المعضلة الاجتماعية اتجاهًا للزيادة المستمرة في استخدام السيارات وكثافتها (المزيد من المركبات مع عدد أقل من الأشخاص يقطعون مسافات أطول على طرق أقصر نسبيًا) نتيجة للتفضيل المؤسف للأرباح قصيرة الأجل من قبل مستخدمي السيارات في حساب الخسائر طويلة الأجل للمجتمع . يمكن لنظام النقل أن يزيد من كفاءة وجودة حياة المجتمع إذا تم التخطيط له وإدارته بشكل صحيح ، بينما في الوقت نفسه يحفز التطوير الطلب على النقل . تعمل متطلبات حماية البيئة المطبقة حاليًا من قبل الشركات على تعزيز التحسينات للأنظمة القائمة بالفعل .

الهدف الرئيسي للمقال هو إظهار تطور شبكة النقل في فيلنيوس ومقارنتها بنموذجين مختارين (لندن وكوبنهاجن). علاوة على ذلك ، يرغب المؤلفون أيضًا في تحليل المدينة المدروسة فيما يتعلق بافتراضات النقل المستدام . **يرتبط تطوير شبكة النقل بشكل حتمي بتطور المدينة** . نموها يعني نفس الشيء بالنسبة لنظام النقل الذي يمكن تنفيذه وفقًا لأعلى المعايير . يمكن أيضًا تغيير شبكة النقل وتعديلها في الأجزاء القديمة من المدينة . لا ينبغي أن يتعلق هذا التحسين باستبدال السطح فحسب ، بل يجب أيضًا تغيير حركة المرور ، بحيث يمكن تعديله وفقًا لاحتياجات الأشخاص . سيشير المؤلفون إلى كيفية القيام بذلك في فيلنيوس .

مراجعة الأدبيات

ركزت فكرة التنمية المستدامة على المشاكل لسنوات عديدة مرتبطة بالبيئة وتغير المناخ . إن الجدل الذي يدور حول التنمية المستدامة للمدينة يستند اليوم إلى فكرة إنشاء مدن متراصة لتزويدها بتنمية متوازنة . في حالة نقل الركاب ، تعد المتطلبات الاجتماعية هي العوامل الرئيسية التي تؤثر على مؤشرات النقل المستدام . من ناحية أخرى ، يدعي جولدمان وجورهامب أنه من أجل أن تكون سياسة النقل المستدامة فعالة ، يجب أن تتجنب الوقوع في فخ سياسة النقل المشتركة المتمثلة في تجاهل الأنظمة الأكبر التي تقع فيها أنشطة النقل .

يركز نظام النقل المستدام بشكل أساسي على التخطيط والسياسة والتقنيات المستخدمة . هدفها الرئيسي هو ضمان النقل الفعال للبضائع والجودة العالية لخدمات النقل . إلى جانب ذلك ، تعتمد تنمية النقل المستدام على تخطيط المدينة الذي من شأنه أن يخلق مناطق حضرية خالية من السيارات وتكون صديقة للمشاة وراكبي الدراجات . تزداد شعبية أنظمة مشاركة الدراجات في المدن الكبيرة ، وذلك لأنها من أكثر وسائل النقل استدامة في المنطقة الحضرية ، يُنظر إليها على أنها وسيلة رخيصة وفعالة وصحية للتنقل في البيئات الحضرية الكثيفة . علاوة على ذلك ، يجب أن يعتمد النقل في تلك المدن على وسائل النقل العام . طور البروفيسور ديفيد بانيستر ، من جامعة أكسفورد ، نموذجًا يقدم قواعد نقل مستدامة يجب الحصول عليها في تخطيط المدن . هذه المبادئ هي :

1- تقليل احتياجات السفر
2- تحول في سياسة النقل
3 - الحد من المسافة
4 - الابتكارات التكنولوجية التي من شأنها زيادة الكفاءة الإلكترونية

مبدأ النقل المستدام الأول - **انخفاض الحاجة إلى السفر** - يعني أنه يجب استبدال السفر من خلال توفير مثل هذه الحلول التكنولوجية التي يمكن أن تقلل هذه الاحتياجات إلى الحد الأدنى . في هذه القاعدة ، يشير بانيستر إلى أهمية العلاقة بين النقل وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات (تكنولوجيا المعلومات والاتصالات) ، لا سيما الأهمية المتزايدة للتسوق عبر الإنترنت . يتضمن **مبدأ النقل المستدام الثاني تغييرًا في الإستراتيجية** (الجدول 1) مما يعني أنه يجب تقليل مستويات استخدام السيارة لصالح المشي وركوب الدراجات . يحاول عدد متزايد من المجتمعات في الولايات المتحدة تحسين استدامة أنظمة النقل الخاصة بهم من خلال تحويل رحلات المركبات الروتينية إلى المشي واستخدام الدراجات . علاوة على ذلك ، يقترح Banister [14] تسلسلاً هرميًا جديدًا للطرق حيث يكون المشاة وراكبو الدراجات في الجزء العلوي من هرم النقل المستدام ، ثم في المنتصف يوجد مستخدمو وسائل النقل العام والسيارات في الأسفل . يمكن تحقيق هذا الهدف عن طريق إبطاء حركة المرور في المدينة وإنشاء منطقة منفصلة معدلة للنقل العام . بالإضافة إلى ذلك ، يجب أيضًا تنفيذ مدفوعات الطرق (على سبيل المثال : الدخول المدفوع إلى وسط المدينة والبلدة القديمة) . علاوة على ذلك ، فإن تغيير تعريف الطريق هو أيضًا جزء من هذا المبدأ الذي ينص على أن الشارع ليس مجرد منطقة للسيارات . يجب أن يُنظر إليه على أنه مساحة بها وحدات خضراء يستخدمها أيضًا الأشخاص (راكبو الدراجات والمشاة) ووسائل النقل العام. يشجع هذا المبدأ على استخدام الشارع الإبداعي في أوقات مختلفة من اليوم . على سبيل المثال ، خلال عطلة نهاية الأسبوع ، يمكن تحويل بعض الطرق إلى أسواق الشوارع أو يمكن أن تصبح مناطق ترفيهية . تشجع هذه الأفكار الناس على تغيير طريقتهم في إدراك وسائل النقل ويجب دمجها مع إستراتيجية مصممة بشكل صحيح لتحقيق أفضل استخدام للمساحة . تعد الدراجة من وسائل النقل المرغوبة ، لأنها صديقة للبيئة واقتصادية في الصيانة . كما أن للدراجات تأثيرات إيجابية أخرى : فهي تعد وسيلة للبقاء بصحة جيدة وفي حالة جيدة .

Table 1. Contrasting Approaches in Transport Planning. Source: [14].

The Coventional Approach (Transport Planning and Engineering)	An Alternative Approach (Sustainable Mobility)

Physical dimensions	Social dimensions
Mobility	Accessibility
Traffic focus, particularly on the car	People focus, either in (or on) a vehicle or on foot
Large in scale	Local in scale
Street as a road	Street as a space
Motorized transport	All modes of transport often in a hierarchy with pedestrians and cyclists at the top and car users at the bottom
Forecasting traffic	Visioning on cities
Modeling approaches	Scenario development and modeling
Economic evaluation	Multicriteria analysis to take account of environmental and social concerns
Travel as a derived demand	Travel as a values activity as well as a derived demand
Demand based	Management based
Speeding up traffic	Slowing movement down
Travel time minimization	Reasonable travel times and travel time reliability
Segregation of people and traffic	Integration of people and traffic

مبدأ النقل المستدام الثالث يتعلق **بتقليل المسافة** . هدفها هو خلق التنقل داخل مناطق المدينة التي يمكن أن تؤدي إلى تحول في استخدام وسائط النقل لتلك التي هي صديقة للبيئة (المركبات) ، ولكن أيضًا المشي وركوب الدراجات . يجب تخطيط المناطق بطريقة تمكن السكان من استخدام خدمات مختلفة (الإسكان ، التجارة ، الترفيه ، التعليم) والتي يمكن أن تقلل من الحاجة إلى السفر . يوصى ، وفقًا لمبادئ التنمية الفضائية المستدامة ، بإنشاء "جزر حضرية خضراء" بدون حركة مرور للسيارات ، وربطها ببعضها البعض لتمكين حركة السير الآمنة على الأقدام والدراجات .

تنص **قاعدة الاستدامة الرابعة** على وجوب **تنفيذ التقنيات الجديدة** التي يمكن أن تجعل النقل أكثر كفاءة . النقل مسؤول عن 26٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية وهو أحد القطاعات الصناعية القليلة التي تستمر فيها الانبعاثات في الارتفاع . دور التكنولوجيا مهم للغاية ويرتبط ارتباطًا وثيقًا بالنقل ، لأن لها تأثيرًا مباشرًا على أدائها . سيكون الحل الأكثر استدامة إذا كان كل وسيلة نقل تستخدم أحدث التقنيات ، وبناء المحرك المبتكر ، والوقود البديل ومصادر الطاقة المتجددة . الأولوية في السعي المجيد لتحقيق الاستدامة هي تنمية المدن الخضراء . يجب أن تشمل الحلول الجديدة أيضًا الحد من الضوضاء الناتجة عن المركبات وضمان سهولة الوصول إلى كل جزء من المدينة في وقت معقول . يجب أن تكون المركبات الجديدة صديقة للبيئة . علاوة على ذلك ، هذا المبدأ هو مزيج من الكفاءة وتغيير سلوك السائقين نحو سلوك أكثر عقلانية ؛ القيادة الاقتصادية جنبًا إلى جنب مع اتباع قواعد المرور - لا سيما حدود السرعة .

باختصار ، فكرة النقل المستدام هي الحفاظ على التسلسل الهرمي للمشاركين في حركة المرور. يجب أن تكون المجموعة الأكثر امتيازًا من المشاة ، لأنهم المجموعة الأكثر عُزلًا والمعرضة للخطر. المجموعة الثانية هي راكبي الدراجات ثم شبكة النقل العام . يبدو أن إدراج الدراجات في إطار تخطيط شامل هو نهج موات قد يؤدي إلى تغييرات في النقل الحضري . يوجد مستخدمو السيارات في أسفل التصنيف لأنهم المجتمع الأكثر إشكالية - فهم غالبًا ما يتسببون في الاختناقات المرورية ويغلقون الشوارع (الشكل 1).

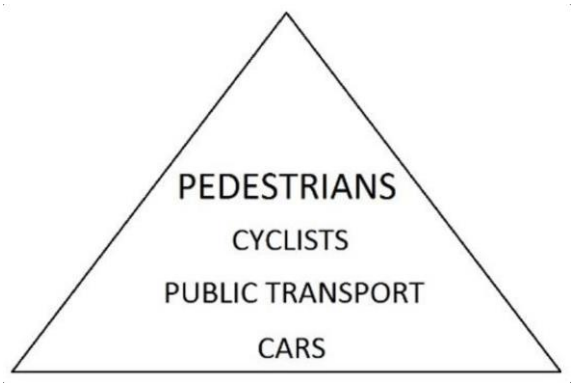


Figure 1. Sustainable Transport Pyramid.

قواعد النقل المستدام الموضحة أعلاه هي المفتاح لإجراء التغيير في طريقة التفكير في التخطيط المكاني الذي يجذب السكان . يجب أن يشرك تخطيط النقل الأشخاص في عمليات الإنشاء واتخاذ القرار حتى يتمكنوا من فهم التغييرات الحاصلة . يجب أن نتذكر **أن القبول الاجتماعي هو قيمة أساسية لتنفيذ أي إصلاح بنجاح** . يمكن استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لتحقيق هذا الهدف .

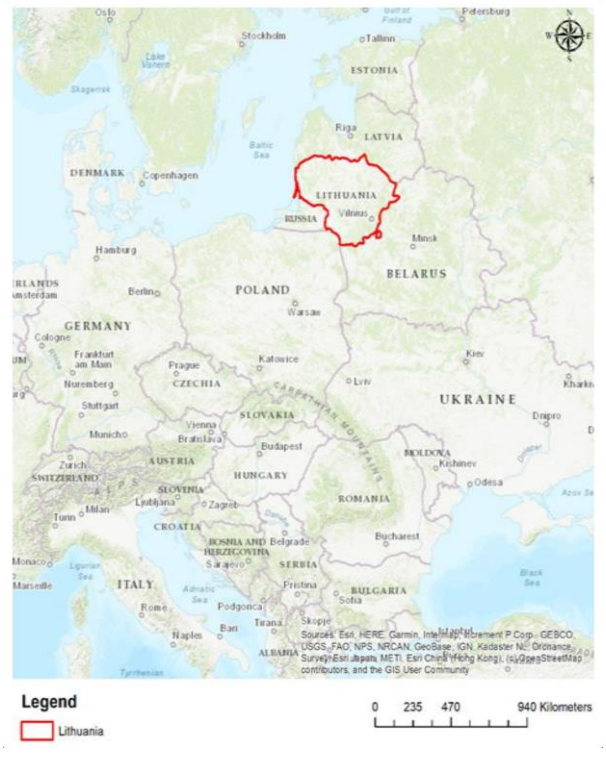
المواد والطرق

يُنظر إلى النقل المستدام على أنه مفهوم عالمي . تتمثل فكرته الرئيسية في السعي لتحقيق اتصال فعال يكون مفيدًا اقتصاديًا ويقلل من التأثير الضار للمركبات على البيئة . والتركيز على كل من التحكم في الانبعاثات الضارة وتعزيز وسائل النقل المستدامة مثل النقل العام والدراجات أو مشاركة السيارات . يفترض هذا النوع من النقل ونماذجه الحد من تدمير الحيز الحضري بسبب هيمنة النقل بالسيارات الفردية . للوصول إلى هذه الأهداف ، أجرى المؤلفون دراساتهم على عدة مستويات . في البداية ، تم تقديم مدن نموذجية ذات شبكات نقل مستدامة . ثم تم تحليل نظام النقل في فيلنيوس ، وأخيراً أشار المؤلفون إلى حلول نقل مستدامة لهذه المدينة .

أثناء إنشاء الحلول المقترحة لفيلنيوس ، استخدم المؤلفون أدوات نظم المعلومات الجغرافية التي تسمح بنمذجة شبكة النقل . بفضل ذلك كان من الممكن إنشاء خرائط توضح كيف يمكن تحويل نظام النقل الحالي إلى شكل أكثر استدامة . غطى البحث مدينة فيلنيوس ، عاصمة ليتوانيا . في الشكل 2 منطقة البحث على خريطة .

تم استخدام برنامج ArcMap لتصور نتائج الاختبار . تم استخدام الخوارزمية الرسومية من نظرية الرسوم لتطوير نموذج النقل الأمثل والمزدحم في جزء محدد من مدينة فيلنيوس . تم استخدام الحلول الحسابية المستخدمة لتطوير مفهوم الرسم البياني لتصميم مسارات ومحطات دراجات جديدة . استخدم المؤلفون مجموعة من الطرق والمحطات الجديدة من أجل الحصول على التركيبة المثلى التي تحل مشكلة إيجاد أقصر الطرق (خوارزمية فلوري) ، وحامل الحروف الصينية (خوارزمية ديجكسو) والبائع (دورة هاملتون) قضية و أيضا حالة موثوقية الشبكة . استخدم العديد من العلماء النقل المستدام باستخدام خوارزميات نظرية الرسم البياني .

الشكل 2. منطقة البحث



النتائج والمناقشة

أمثلة على نماذج شبكات النقل

تطوير النقل العام : في كوبنهاغن ، تمت زيادة عدد وسائط النقل العام بمقدار 1200 محطة للحافلات و 40 محطة قطار ، علاوة على ذلك ، تم بناء خط مترو جديد . بالاضافة الى ذلك ، فإن وسائل النقل العام لها الأولوية على مستخدمي السيارات . أعطى هذا النوع من النهج نتيجة زيادة عدد ركاب المترو بنسبة 8٪ بين عامي 2008 و 2009. عندما زاد عدد محطات التوقف ، زاد عدد الركاب أيضًا .

تطوير ممرات الدراجات : في كوبنهاغن تم زيادة عدد مسارات ركوب الدراجات إلى 350 كم . بالإضافة إلى ذلك ، يوجد في المدينة العديد من مرافق ركوب الدراجات مثل "الأمواج" الخضراء - التي تمكن مستخدمي الدراجات من التحرك في جميع أنحاء المدينة خلال ساعات الذروة دون توقف - وطرق الدراجات الخضراء التي تفصل راكبي الدراجات عن البنية التحتية . بالإضافة إلى ذلك ، تم إعادة تصميم العديد من التقاطعات لإعطاء الأولوية لراكبي الدراجات - تم نقل خطوط التوقف للسيارات 5 أمتار خلفهم . علاوة على ذلك ، تم تنفيذ مسارات الدراجات الزرقاء في الأماكن التي بها أكبر عدد من الحوادث لتقليل المخاطر . في لندن ، كان استخدام السيارات محدودًا بفضل إنشاء شبكة مواصلات عامة ودراجات في المدينة .(Barclays Cycle Hire) وقد تم تحقيق هذه النتيجة أيضًا من خلال العديد من الحملات الاجتماعية . التغييرات المفاجئة في الهندسة الأفقية والعمودية والمقطع العرضي تنذر بالسوء لراكبي الدراجات . يمكن التقليل من هذه المخاطر من خلال عمليات تدقيق السلامة أو باستخدام ممارسات التصميم الجيدة في مرحلة التصميم الأولية .

مساحة مشتركة : في شارع كينسينجتون هاي ستريت (لندن) ، على الرغم من أنها واحدة من أكثر الأماكن ازدحامًا (40.000 مركبة تسير هناك يوميًا) ، فقد تمت إزالة لافتات الشوارع والحواجز الخاصة بالمشاة وأي حدود أخرى . تم استخدام الجزء المركزي من المنطقة كموقف لراكبي الدراجات ، مما شجع مستخدمي Kensington High Street على التنقل بحرية . في كوفنت غاردن ، بفضل نشاط Seven Dials Monument Trust، الذي قاتل في التسعينيات من أجل ترميم أحد أكثر المعالم المميزة (Seven Dials) ، لم يتم فقط ترميم النصب التذكاري ، ولكن أيضًا مساحة غير محدودة بأي علامات أو لوائح كانت تم إنشاؤها ، على الرغم من أنه مكان مزدحم للغاية . حركة المرور بطيئة هنا ونادرًا ما تُرى الاختناقات . علاوة على ذلك ، لم تقع حوادث خطيرة لمدة 16 عامًا .

الدخول المدفوع إلى وسط المدينة: في لندن ، تم تخفيض كمية الغازات المسببة للاحتباس الحراري بفضل الدخول المدفوع إلى وسط المدينة مما أدى إلى تثبيط مستخدمي السيارات . في المقابل ، تشجع وسائل النقل العام الرخيصة الناس . علاوة على ذلك ، فإن حملة رئيس الوزراء بوريس جونسون ، المسماة Charge Point، تشجع المواطنين على استخدام السيارات الكهربائية ، لأن هناك نقاط شحن مجانية في لندن . تسبب هذا الإجراء في زيادة عدد المبيعات وتسجيل السيارات الكهربائية . تؤكد نتائج تقرير النقل بلندن 2013 ، الواردة في الشكل 3 ، المعلومات المذكورة أعلاه .

Year	Millions of trips									
	Rail	Under-ground /DLR	Bus (including tram)	Taxi/ PHV	Car driver	Car passenger	Motor cycle	Cycle	Walk	All modes
1993	1.3	1.4	2.1	0.3	6.6	3.6	0.2	0.3	5.2	20.8
1994	1.3	1.5	2.1	0.3	6.7	3.6	0.2	0.3	5.2	21.1
1995	1.3	1.6	2.2	0.3	6.6	3.6	0.2	0.3	5.2	21.2
1996	1.4	1.5	2.3	0.3	6.7	3.6	0.2	0.3	5.2	21.5
1997	1.5	1.6	2.3	0.3	6.7	3.6	0.2	0.3	5.3	21.7
1998	1.5	1.7	2.3	0.3	6.7	3.6	0.2	0.3	5.3	21.9
1999	1.6	1.8	2.3	0.3	6.9	3.6	0.2	0.3	5.4	22.4
2000	1.7	2.0	2.4	0.3	6.8	3.6	0.2	0.3	5.4	22.6
2001	1.7	1.9	2.6	0.3	6.8	3.6	0.2	0.3	5.5	22.9
2002	1.7	1.9	2.8	0.3	6.8	3.5	0.2	0.3	5.5	23.1
2003	1.8	1.9	3.2	0.3	6.7	3.5	0.2	0.3	5.6	23.4
2004	1.8	2.0	3.3	0.3	6.6	3.4	0.2	0.3	5.7	23.6
2005	1.8	1.9	3.2	0.3	6.5	3.4	0.2	0.4	5.7	23.4
2006	1.9	2.0	3.1	0.3	6.5	3.6	0.2	0.4	5.8	23.7
2007	2.1	2.1	3.3	0.4	6.5	3.8	0.2	0.4	5.8	24.5
2008	2.2	2.1	3.8	0.3	6.1	3.4	0.2	0.4	5.9	24.6
2009	2.1	2.2	3.9	0.3	6.2	3.5	0.2	0.5	6.0	24.8
2010	2.3	2.1	4.0	0.3	6.1	3.7	0.2	0.5	6.1	25.3
2011	2.4	2.2	4.1	0.3	5.9	3.7	0.2	0.5	6.2	25.5
2012	2.6	2.4	4.1	0.3	5.9	3.7	0.2	0.5	6.3	25.9
Percentage change										
2011 to 2012	*8.5*	*8.2*	*-0.8*	*9.1*	*-1.0*	*-1.0*	*4.8*	*1.2*	*1.3*	*1.5*
2002 to 2012	*51.9*	*23.5*	*45.9*	*19.0*	*-13.7*	*3.1*	*-12.8*	*63.2*	*12.6*	*11.8*

Figure 3. Number of Journeys Made in London Using Di*ff*erent Means of Transport Between Years 1993 and 2012. Source: Report [57].

في العديد من المدن الأوروبية ، يعد دعم وسائل النقل العام وركوب الدراجات في التنقل اليومي وسيلة فعالة للحد من تلوث الهواء والاختناقات المرورية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون . يشجع خبراء التخطيط والنقل مختلف بدائل النقل المستدامة ، مثل استخدام وسائل النقل العام والمشي وركوب الدراجات كخيارات نقل ميسورة التكلفة لمواجهة الآثار السلبية لاستخدام السيارات للجميع . يتطلب تطوير نقل أكثر استدامة إنشاء **أربع ركائز مناسبة** : استخدام الأراضي بكفاءة وإدارة النقل ؛ تمويل عادل وفعال ومستدام ؛ الاستثمار الاستراتيجي في البنية التحتية ؛ والاهتمام بتصميم الحي السكني . يمكن للتخطيط الحضري إنشاء أنظمة نقل بضائع بلدية أكثر كفاءة وصديقة للبيئة . يمكن أن يؤدي استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المبتكرة (تكنولوجيا المعلومات والاتصالات) وأنظمة النقل الذكية (ITS) ، والتغيير في عقلية مديري الخدمات اللوجستية والشراكات بين القطاعين العام والخاص ، إلى تعزيز السياسة اللوجستية الحضرية .

في جميع أنحاء العالم ، تسعى مدن عدة جاهدة من أجل أنظمة نقل حضري أكثر استدامة من أجل تقليل الحوادث والازدحام وتلوث الهواء والضوضاء ، وتحسين التفاعل الاجتماعي والقدرة على العيش وقيمة المرافق . يوضح الشكلان 4 و 5 الفوائد من الحلول المستخدمة في كوبنهاغن . يمكن ملاحظة النمو في عدد الأشخاص الذين يركبون الدراجات إلى العمل أو المؤسسات التعليمية والشعور بالأمان في حركة المرور. بفضل شبكة فعالة من طرق النقل العام وركوب الدراجات في كوبنهاغن ، انخفض استخدام السيارات بشكل كبير لدرجة أنه في عام 2010 لم يكن لدى 47٪ من المواطنين سيارات و 58٪ ركبوا دراجتهم للعمل أو المدرسة بشكل يومي .

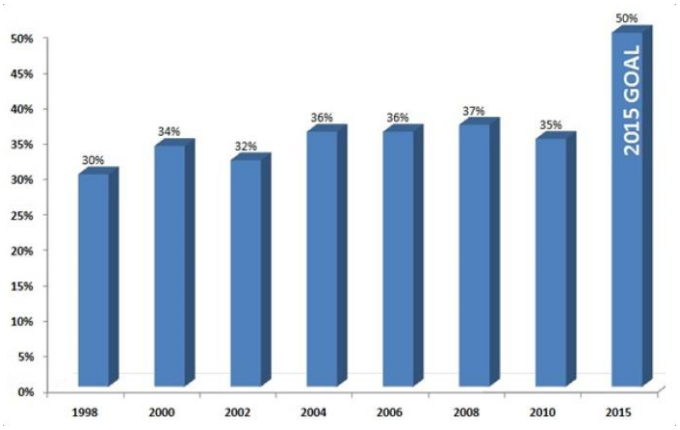


Figure 4. Percentage of People Cycling to Work or Educational Institutions in Copenhagen Between Years 1998 and 2010 and the Goal for 2015. Source: Report [55].

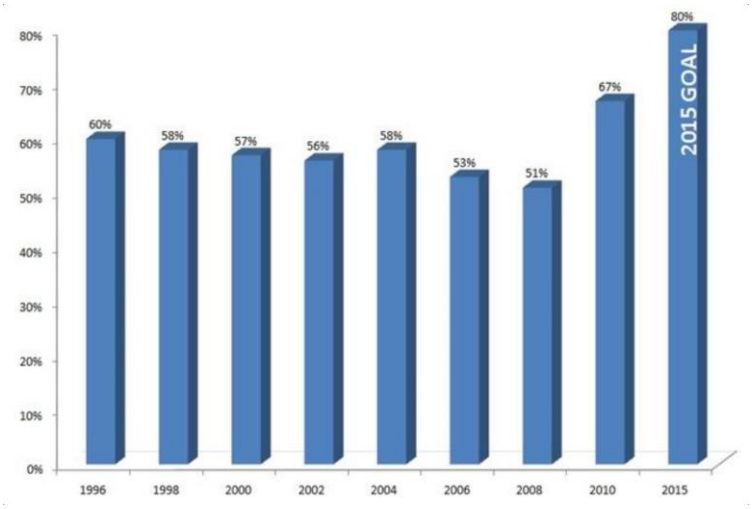


Figure 5. Percentage of People Cycling to Work or Educational Institutions in Copenhagen Between Years 1998 and 2010 and the Goal for 2015. Source: Report, [55].

النقل في فيلنيوس

هل يمكن العثور على النقل المستدام في فيلنيوس؟ يبدو أن المناطق المحيطية في بلدان ما بعد الاشتراكية غير مستثمرة بشكل خاص فيما يتعلق بنقلها ، بما في ذلك على المستوى المحلي والإقليمي . ركز المؤلفون على تحليل فيلنيوس لاستخدام مبادئ النقل المستدام . تم تحليل كل من الإجراءات التي تم اتخاذها بالفعل والمجالات الإشكالية . بالإضافة إلى ذلك ، تم اقتراح حلولا جديدة ، لأن كفاءة نظام النقل مهمة للغاية بسبب الحجم المتزايد للطلبات المتعلقة به . في المقام الأول ، يجب القول أن المشكلة الرئيسية في فيلنيوس ، والتي تنتج عنها الصعوبات في إدارة النقل ، هي **الزحف العمراني** (النمو غير المنضبط للمناطق الحضرية) يتعارض مع استراتيجية المدن المدمجة التي يروج لها الاتحاد الأوروبي . حاول العلماء من جامعة فيلنيوس جيديميناس التقنية إظهار الأماكن (المناطق) التي بها اشكاليات نقل. باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية ، تمكنوا من تطوير نموذج يقسم المدينة إلى 51 منطقة تحليل حركة المرور ويحدد كفاءتها . أثناء إنشاء هذا النموذج ، تم مراعاة إمكانية الوصول من وسط المدينة إلى مناطق مختلفة ، والكثافة السكانية وعدد الوظائف في المناطق ، وكثافة شبكة الاتصالات العامة وعدد الرحلات اليومية في كل منطقة . لإجراء الحسابات اللازمة ، استخدم العلماء نموذج بوغارت وفيري المعدل .

تظهر نتائج البحث التي أجراها Jakimavic˘ius و ˙Burinskiene بحثًا عن التواصل المستدام في فيلنيوس أن هناك مناطق اتصال فعالة ، ولكن هناك منطقتان فقط S˙antariške: و .emiejiPaneriai في المقابل ، تم عدها مناطق مثل Centras I و Centras II و Lazdynai و Karoliniške˙s و Antakalnis و Senamiestis و nipiške˙s و Naujamiestis بها مشاكل خطيرة مثل نقص أماكن وقوف السيارات والاختناقات المرورية المستمرة . كما تم تحديد تشوهات في مناطق Verkiai و Dvarc˘ionys و Valakupiai و A. Paneriai و .Tarande علاوة على ذلك ، فإن مبادئ النقل المستدام المتعلقة بتقليل عدد السيارات

وتعزيز المشي وركوب الدراجات جنبًا إلى جنب مع استخدام وسائل النقل العام لم يتم تنفيذها بالكامل في فيلنيوس . اقترح Jakimavic˘ius و Burinskiene˙ في إحدى مقالاتهما سيناريو يقول إنه على الرغم من العدد المتزايد للسيارات في فيلنيوس ، سيكون من الممكن تقديم درجة معينة من قواعد النقل المستدام إذا كانت السيارات أكثر كفاءة وتستخدم مصادر طاقة بديلة . ومع ذلك ، كما يعترفون بأنفسهم ، من الصعب تحقيق هذا النوع من السيناريو . عند تقاطعات الطرق السريعة الليتوانية ، يتم تطبيق العديد من حلول هندسة المرور والسلامة بشكل مكثف . من ناحية أخرى ، أظهر Klibavic˘ius و Paliulis أن عدد المركبات مشابه للتوزيع الإحصائي للبيانات المحددة على هذا النحو : وصول مركبات مختلفة عند التقاطعات الدائرية قريب من توزيع بواسون .

تظهر مؤشرات النقل لفيلنيوس في الشكل 6 مقارنة بين عامي 1995 و 2005. ويمكن ملاحظة أنه على الرغم من متوسط نمو ركاب النقل العام بنسبة 3.7٪ سنويًا ، ما يزال عدد الأشخاص الذين يستخدمون هذا النوع من النقل أقل بنسبة 17٪ مقارنة بعام 1995. ومع ذلك ، يوجد إجمالي عدد رحلات المشاة والدراجات ووسائل النقل العام أكثر من تلك التي يتم إجراؤها بالسيارة (الجدول 2).

يتزايد عدد الأشخاص الذين يمتلكون سيارة في فيلنيوس بنسبة 3٪ سنويًا منذ التسعينيات . قد يكون سبب هذا الوضع هو تحسن الوضع الاقتصادي في البلاد . ومع ذلك ، تجدر الإشارة إلى أن عدد الأشخاص الذين يستخدمون السيارات أقل من أولئك الذين يختارون وسائل النقل العام ؛ في المقابل ، هذه المجموعة أصغر من الأشخاص الذين يسافرون سيرًا على الأقدام وركوب الدراجات (35.1٪ من سكان المدن في 2005). لسوء الحظ ، تتنبأ التوقعات لعام 2025 بوجود اتجاه متزايد في استخدام السيارات والوقود . هذا هو السبب في ضرورة اتخاذ تدابير لتحسين شبكة الاتصالات في فيلنيوس لمساعدة المدينة في السعي لإرساء قواعد نقل مستدامة .

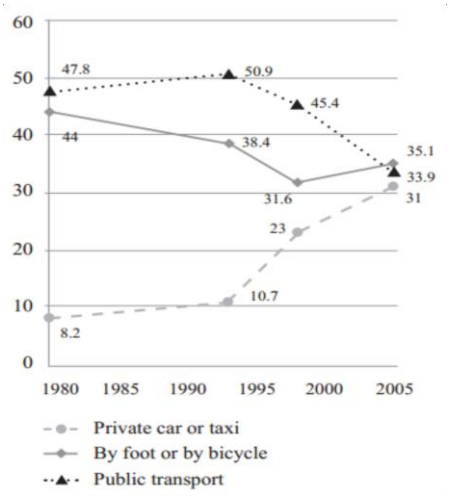


Figure 6. Travel in Vilnius by Chosen Means of Transport.

Table 2. Transport System Indicators in Vilnius. Source [68].

Indicator	1999	2005
Street network density (km/km^2)	1.9	2.4
Public transport density (km/km^2)	0.55	0.62
Bicycle paths networks density (km/km^2)	0.10	0.16
Average traffic flow in peak hours (aut./h)	1275	1521
Percentage of trucks in average flow	3.4	2.4
Average speed in peek traffic flow (km/h)	37.5	29.3
Modal split		
-pedestrian trips %	31.3	34.8
-trips by bicycles %	0.3	0.3
-trips by public transport %	45.4	34.2
-trips by car %	23.0	30.7
Maximum number of public transport passengers in peak hours	5300	3600
Transit of trucks in peak hours %	21.3	13.2
Number of traffic accidents for 1000 inhabitants	1.07	1.77

حلول النقل المستدام لفيلنيوس

بناء خطوط المترو: يتم دعم فيلنيوس بواسطة 456 كم من خطوط ترولي باص التي تنقل 400 ألف راكب في اليوم . إلى جانب ذلك ، يستخدم المواطنون حافلات تقل 300 ألف راكب يوميًا . وهذا يعني أن 33.9٪ من سكان المناطق الحضرية والضواحي ، والذين يتألفون من 900.000 ساكن (540.000 يعيشون في فيلنيوس) ، يستخدمون وسائل النقل العام . ومع ذلك ، وبسبب الحمل الزائد في وسط المدينة ، يبلغ متوسط السرعة في هذه المنطقة حوالي 20 كم / ساعة ، مما يخيف الناس بنجاح من استخدام وسائل النقل العام . لهذا السبب قررت حكومة المدينة دراسة فائدة وسائل النقل الجديدة ، بما في ذلك المترو (الشكل 7). أظهرت الأبحاث التي أجريت في الأعوام 2006-2008 أن 57٪ من المستجيبين اختاروا إنشاء مترو بينما 20٪ منهم فقط أيدوا بناء الترام . بالنسبة لحالة المترو ، تم إنشاء منظمة تسمى مترو فيلنيوس . تنشط الجمعية في إعلام الناس بالحلول الجديدة وعقدت مفاوضات مع المستثمرين حتى يمكن بناء مترو من موارد خاصة .

Figure 7. Metro Construction Plan in Vilnius. Source: [73].

بعد تحليل الحلول النموذجية في مدن مختارة وتقديم افتراضات النقل المستدام ، يقدم المؤلفون حلولاً ممكنة بفضل النقل في فيلنيوس الذي يمكن عده مستدامًا . تقدم الخريطة أدناه حلاً محتملاً لتوسيع شبكة الدراجات في موقع محدد في فيلنيوس . إنه حي سكني به طريق مواصلات كبير ومباني سكنية وحديقة / غابة . ستتيح إمكانية ربط الأماكن التي يوجد بها السكن مع طرق المرور للمقيمين الانتقال بسهولة من دراجة إلى حافلة . يجب أن يشجع تعيين مسارات الدراجات والأماكن التي يمكن من خلالها استئجار الدراجات في المناطق الترفيهية على استخدام المساحات الخضراء .

المهم في الحل المقترح (الشكل 8) هو أنه يجمع بين المشي وركوب الدراجات والنقل العام . غالبًا ما يكون استخدام وسائل النقل العام غير مريح بسبب المسافة الطويلة إلى المحطة . يمكن أن يشجع الاتصال بين المحطة والمكان الذي يمكن للناس استئجار دراجة هوائية منه لهم لاستخدام وسائل النقل العام . يرتبط وقوف السيارات في المدن بالبحث عن مكان ورسوم وقوف السيارات . ولهذا فإن اختيار وسائل النقل العام أو الدراجات الهوائية يعفي المسافر من البحث عن مكان لمغادرة السيارة . تكافئ بعض أنظمة مشاركة

الدراجات مستخدميها إذا تركوا الدراجة في المحطة . هذا يوفر لهم رسومًا لاستخدام الدراجة . لذلك ، من الضروري جعل محطات الدراجات متاحة في الأماكن التي يحضرها ، وكذلك في الأماكن القريبة من مناطق المعيشة .

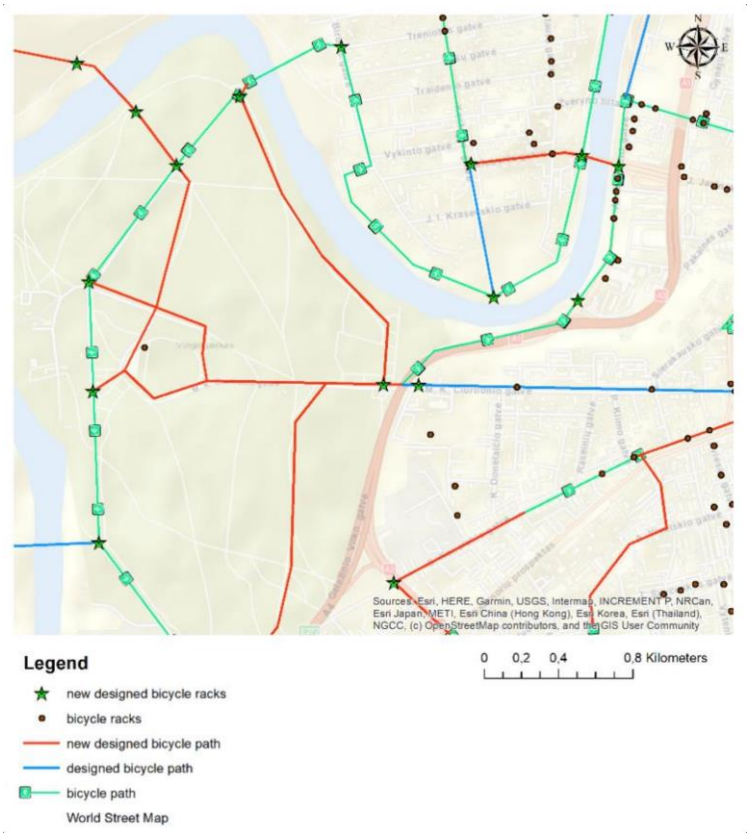


Figure 8. Results of the Analysis.

كما هو موضح في الخرائط أعلاه ، يمكن إجراء تغييرات على نظام النقل الحالي ، وبفضل ذلك يمكن القول أن النقل في فيلنيوس سيكون مستدامًا . عند تقديم هذه المقترحات ، تم احترام قواعد النقل المستدام الواردة في هرم النقل المستدام (الشكل 1). يتطلب إيجاد الحل الأمثل لخوارزمية دورة Fleury و Dijkso و Hamilton مع الحفاظ على اتساق القمة والحافة تطوير العديد من المتغيرات واختبارها من أجل تحقيق نظام يكون فيه للخوارزميات حلولا . بهذه الطريقة ، قمنا بتقليل التكاليف وزيادة الوظائف وسهولة الاستخدام . تشمل القيود الحواجز الطبيعية وحواجز التكلفة . يمكننا أن نفترض أننا نبحث عن أرخص شبكة ممكنة بموثوقية محددة مسبقًا ، أو أننا نبحث عن شبكة بتكلفة ثابتة وأعلى موثوقية ممكنة . بالطبع ، كلما زاد عدد الخطوط (الحواف) ، زادت الموثوقية . من ناحية أخرى ، فإن بناء أي اتصال يكلف المال . بالإضافة إلى ذلك ، من المفترض أن الحل الذي تبحث عنه يحتوي على دورة أويلر ، مما يعني أن هناك طريقًا يبدأ وينتهي عند نفس النقطة ويتطلب منك السير في كل شارع مرة واحدة بالضبط . الرسم البياني عبارة عن رسم بياني كامل ، مما يعني أنه يحتوي على دورة هاميلتون واحدة على الأقل . نظرًا لأن الرسم البياني يحتوي على عدد محدود من الرؤوس ، فهناك واحد (ليس بالضرورة الوحيد) في مجموعة دورات هاملتون يحتوي على الحد الأدنى لمجموع أوزان الحافة . نبدأ من أي قمة ، يتم تحديد كل حافة متتالية نمررها من الحواف القادمة من الرأس الذي نحن فيه حاليًا . وإذا كان ذلك ممكنًا ، فإن إزالة الحافة المحددة لا ينبغي أن تقطع الرسم البياني إلى "قطعتين" . إذا تمكنا من الوصول إلى القمة التي بدأنا منها والمرور عبر جميع الحواف ، فإن المسار الناتج هو دورة أويلر . مشكلة العثور على دورة هاملتون مشابهة لمشكلة أداة التحرير والسرد كونها "صعبة" نظرًا لطول الخوارزميات المعروفة . إذا لم تكن دورة هاميلتون موجودة في الرسم البياني الذي تم اختباره ، فقد نقوم بذلك في هذه الحالة حتى يتعين التحقق من جميع التباديل الممكنة لمجموعة قمة الرأس للتأكد من عدم وجود مثل هذه الدورة . نريد تصميم شبكة بالموثوقية المطلوبة ، والتي ستكون تكلفتها منخفضة قدر الإمكان . لذلك ، نحن نبحث عن رسم بياني برؤوس n وأقل عدد ممكن من الأضلاع ، بحيث يكون اتساق رأسه أو حافته هو k.

الاستنتاجات

في رأي هاميلتون بيلي ، هناك حلا مختلف وأفضل يتمثل في إنشاء مساحات مشتركة ومتكاملة تربط أشكالًا مختلفة من النقل في قطعة واحدة . وهذا يعني إزالة اللافتات والممرات وإشارات المرور وما إلى ذلك والسماح للناس بتشكيل قواعد المرور بشكل عفوي . ومع ذلك ، يجب أن نتذكر أن هذا النوع من الحلول لا يمكن تحقيقه إلا من خلال تعاون الناس والحكومة المحلية جنبًا إلى جنب مع تغيير النهج . هناك رأي عام مفاده أن سكان الضواحي ملزمون باستخدام وسائل النقل الفردية ، وأن وسائل النقل العام لا تلبي احتياجاتهم .

باختصار ، فيلنيوس هي مكان يتصادم فيه نموذجا المدينة (نموذج مدمج وتقليدي للامتداد الحضري). هذا لأن فيلنيوس تتطور من حيث النقل المستدام مناطق Santariškės و Žemieji Paneriai ، ولكن هناك أيضًا مناطق مثل Centras I و Centras II و Lazdynai و Karoliniškės و Antakalnis و Senamiestisو Naujamiestis و Šnipiškės التي لديها مشاكل خطيرة مع حركة المرور.

ومع ذلك ، فإن التغيير في خصائص النقل في المدينة نحو المزيد من الاستدامة ، كما هو الحال في نموذج Banister ، هو عملية طويلة . تم تطوير كل من النموذج والبنية التحتية لأنظمة النقل التقليدية منذ سنوات عديدة . هذا هو السبب في أن البنية التحتية الكاملة وتخطيط استخدام الأراضي في فيلنيوس تتطلب تغييرات تدريجية . علاوة على ذلك ، يجب أن تكون نقطة البداية لكل مدينة مختلفة ، لأنها تعتمد على عوامل فردية مثل الوضع السياسي والظروف المحلية والأموال المتاحة . هذا هو السبب الذي يجعل فيلنيوس تعمل على حلولها الخاصة بها (بناءً على الحلول الموجودة بالفعل وتعمل بكفاءة في العالم ، على سبيل المثال ، كوبنهاغن ولندن) مما يؤدي إلى النقل المستدام .

Author Contributions: Conceptualization, M.O. and D.A.-K.; methodology, M.O. and D.A.-K.; software, M.O.; validation, M.O.; formal analysis, A.K.; investigation, M.O. and D.A.-K.; data curation, M.O.; writing—original draft preparation, M.O. and D.A.-K., writing—review and editing, M.O. and A.K.; visualization, M.O.; supervision, M.O.; project administration, M.O. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

References

1. UNESCAP. *Gender and Transport*; Report Congestion Combatting No. 76, No.82; Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific: Bangkok, Thailand, 2013.
2. Greene, D.L.; Wegener, M. Sustainable transport. *J. Transp. Geogr.* **1997**, *5*, 177–190. [CrossRef]
3. De Gruyter, C.; Currie, G.; Rose, G. Sustainability measures of urban public transport in cities: A world review and focus on the Asia/Middle East Region. *Sustainability* **2017**, *9*, 43. [CrossRef]
4. Richardson, B.C. Sustainable transport: Analysis frameworks. *J. Transp. Geogr.* **2005**, *13*, 29–39. [CrossRef]
5. Ogryzek, M.; Wisniewski, R.; Kauko, T. On Spatial Management Practices: Revisiting the «optimal» Use of Urban Land. *Real Estate Manag. Valuat.* **2018**. [CrossRef]
6. Miller, P.; de Barros, A.G.; Kattan, L.; Wirasinghe, S.C. Public transportation and sustainability: A review. *KSCE J. Civ. Eng.* **2016**, *20*, 1076–1083. [CrossRef]
7. 7. Wolny, A.; Ogryzek, M.; Źróbek, R. Towards Sustainable Development and Preventing Exclusions—Determining Road Accessibility at the Sub-Regional and Local Level in Rural Areas of Poland. *Sustainability* **2019**, *11*, 4880. [CrossRef]
8. Griskeviciute-Geciene, A.; Griškevičiene, D. The Influence of Transport Infrastructure Development on Sustainable Living Environment in Lithuania. *Procedia Eng.* **2016**, *134*, 215–223. [CrossRef]
9. Linneker, B.J.; Spence, N.A. An Accessibility Analysis of the Impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. *Reg. Stud.* **1992**, *26*, 31–47. [CrossRef]
10. Taylor, M.A.P.; Sekhar, S.V.C.; D'Este, G.M. Application of accessibility based methods for vulnerability analysis of strategic road networks. *Netw. Spat. Econ.* **2006**, *6*, 267–291. [CrossRef]
11. López, E.; Gutiérrez, J.; Gómez, G. Measuring regional cohesion effects of large-scale transport infrastructure investments: An accessibility approach. *Eur. Plan. Stud.* **2008**, *16*, 277–301. [CrossRef]
12. Marks-Bielska, R.; Kurowska, K. Institutional E*ffi*ciency of Communes in Poland in Respect of Space Management. In Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, Albena, Bulgaria, 29 June–5 July 2017.
13. Oliveira, E. Land Ownership and Land Use Development: The Integration of Past, Present, and Future in Spatial Planning and Land Management Policies. *Landsc. J.* **2017**. [CrossRef]
14. Banister, D. The sustainable mobility paradigm. *Transp. Policy* **2008**, *15*, 73–80. [CrossRef]
15. Tolley, R. *Sustainable Transport*, 1st ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2003; ISBN 9781855736146. 16. Steg, L.; Gi *ff*ord, R. Sustainable transportation and quality of life. *J. Transp. Geogr.* **2005**. [CrossRef]
17. Valiantis, M. Sustainable urban transport. In *Sustainability behind Sustainability*; Nova Science: Hauppauge, NY,

USA, 2014; ISBN 9781633215955.
18. Roth, A.; Kåberger, T. Making transport systems sustainable. *J. Clean. Prod.* **2002**. [CrossRef]
19. Kowalczyk, C.; Kil, J.; Kurowska, K. Dynamics of development of the largest cities—Evidence from Poland. *Cities* **2019**, *89*, 26–34. [CrossRef]
20. Pucher, J.; Buehler, R. Cycling towards a more sustainable transport future. *Transp. Rev.* **2017**, *37*, 689–694. [CrossRef]
21. Ogryzek, M.; Klimach, A.; Niekurzak, D.; Pietkiewicz, M. Using cartographic documents to provide geoinformation on the rights to real estate—Taking Poland as an example. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2019**, *8*, 530. [CrossRef]
22. Kowalczyk, C. Dynamics of Changes in the Urban Space. In Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2014, Vilnius, Lithuania, 22–24 May 2014.
23. Litman, T. Sustainable Transportation Indicators: A Recommended Research Program for Developing Sustainable Transportation Indicators and Data. In Proceedings of the Transportation Research Board, Washington, DC, USA, 11–15 January 2009.
24. Livingstone, K.; Rogers, R. *Housing for a Compact City*; Greater London Authority: London, UK, 2003.
25. Goldman, T.; Gorham, R. Sustainable urban transport: Four innovative directions. *Technol. Soc.* **2006**, *28*, 261–273. [CrossRef]
26. O'Brien, O.; Cheshire, J.; Batty, M. Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems. *J. Transp. Geogr.* **2014**. [CrossRef]
27. Badland, H.; Hickey, S.; Bull, F.; Giles-Corti, B. Public transport access and availability in the RESIDE study: Is it taking us where we want to go? *J. Transp. Health* **2014**, *1*, 45–49. [CrossRef]
28. Schneider, R.J. Theory of routine mode choice decisions: An operational framework to increase sustainable transportation. *Transp. Policy* **2013**. [CrossRef]
29. Zhang, L.; Zhang, J.; Duan, Z.Y.; Bryde, D. Sustainable bike-sharing systems: Characteristics and commonalities across cases in urban China. *J. Clean. Prod.* **2015**. [CrossRef]
30. Ogryzek, M. NoSustainable transport as a tool for the implementation of stable communication development. In *Some Aspects of the Warmia-Mazury Road Safety System*; Chmieliński, B., Ż ukowska, J., Eds.; Publisher UWM: Olsztyn, Poland, 2017.
31. Chapman, L. Transport and climate change: A review. *J. Transp. Geogr.* **2007**. [CrossRef]
32. Leung, D.Y.C.; Caramanna, G.; Maroto-Valer, M.M. An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2014**, *39*, 426–443. [CrossRef]
33. Fallahpour, A.; Udoncy Olugu, E.; Nurmaya Musa, S.; Yew Wong, K.; Noori, S. A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. *Comput. Ind. Eng.* **2017**. [CrossRef]
34. Luthra, S.; Govindan, K.; Kannan, D.; Mangla, S.K.; Garg, C.P. An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *J. Clean. Prod.* **2017**. [CrossRef]
35. Kenworthy, J.R. The eco-city: Ten key transport and planning dimensions for sustainable city development. *Environ. Urban* **2006**. [CrossRef]
36. Gössling, S. Urban transport transitions: Copenhagen, city of cyclists. *J. Transp. Geogr.* **2013**. [CrossRef]
37. Köhler, J. Globalization and Sustainable Development: Case Study on International Transport and Sustainable Development. *J. Environ. Dev.* **2014**, *23*, 66–100. [CrossRef]
38. Pojani, D.; Stead, D. Sustainable urban transport in the developing world: Beyond megacities. *Sustainability* **2015**, *7*, 7784. [CrossRef]
39. Hickman, R.; Hall, P.; Banister, D. Planning more for sustainable mobility. *J. Transp. Geogr.* **2013**. [CrossRef]
40. Bamwesigye, D.; Hlavackova, P. Analysis of sustainable transport for smart cities. *Sustainability* **2019**, *11*, 2140. [CrossRef]
41. Malasek, J. ScienceDirect A set of tools for making urban transport more sustainable. *Transp. Res. Procedia* **2016**, *14*, 876–885. [CrossRef]
42. Loidl, M.; Wallentin, G.; Cyganski, R.; Graser, A.; Scholz, J.; Haslauer, E. GIS and transport modeling-strengthening the spatial perspective. *ISPRS Int. J. Geo-Infor.* **2016**, *5*, 84. [CrossRef]
43. Ogryzek, M.; Ciski, M. Cartographic Methods of Presentation the Average Transaction Prices of the Undeveloped Land. *Civ. Environ. Eng. Rep.* **2018**. [CrossRef]
44. Gardner, M. *Fractal Music, Hypercards, and More . . . : Mathematical Recreations from Scientific American*; W.H. Freeman & Co.: New York, NY, USA, 1992.
45. Derrible, S.; Kennedy, C. Applications of graph theory and network science to transit network design. *Transp. Rev.* **2011**. [CrossRef]
46. Mattsson, L.G.; Jenelius, E. Vulnerability and resilience of transport systems—A discussion of recent research. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* **2015**. [CrossRef]
47. Rodrigue, J.-P.; Comtois, C.; Slack, B. Graph theory: Measures and indices. In *The Geography of Transport Systems*, 4th ed.; Routledge: London, UK, 2013.
48. Kininmonth, S.J.; De'ath, G.; Possingham, H.P. Graph theoretic topology of the Great but small Barrier Reef world. *Theor. Ecol.* **2010**. [CrossRef]
49. Tovar, B.; Hernández, R.; Rodríguez-Déniz, H. Container port competitiveness and connectivity: The Canary Islands main ports case. *Transp. Policy* **2015**. [CrossRef]
50. Tsekeris, T.; Souliotou, A.Z. Graph-theoretic evaluation support tool for fixed-route transport development in metropolitan areas. *Transp. Policy* **2014**. [CrossRef]
51. Patarasuk, R. Road network connectivity and land-cover dynamics in Lop Buri province, Thailand. *J. Transp. Geogr.* **2013**. [CrossRef]
52. Etherington, T.R. Mapping organism spread potential by integrating dispersal and transportation processes using graph theory and catchment areas. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **2012**. [CrossRef]
53. Sadavare, A.B.; Kulkarni, R.V. A Review of Application of Graph Theory for Network. *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.* **2012**.

54. Torslov, N. *Traffic in Copenhagen 2009*; Copenhagen Traffic Department: Copenhagen, Denmark, 2010.
55. The City of Copenhagen. *Copenhagen's Green Accounts*; The City of Copenhagen: Copenhagen, Denmark, 2010.
56. The City of Copenhagen. *City of Cyclists—Copenhagen Bicycle Life*; City of Copenhagen: Copenhagen, Denmark, 2009.
57. Transport for London. *Travel in London Report*; Transport for London: London, UK, 2013.
58. Britton, E.; Gant, R.; Matthews, B. World Transport Policy & Practice World Transport Policy & Practice. *World Transp. Policy Pract.* **2002**, *2*, 6–27.
59. Hamilton-Baillie, B. Urban design: Why don't we do it in the road? Modifying traffic behavior through legible urban design. *J. Urban Technol.* **2004**, *11*, 43–62. [CrossRef]
60. Jäppinen, S.; Toivonen, T.; Salonen, M. Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: An open data approach. *Appl. Geogr.* **2013**. [CrossRef]
61. Bachand-Marleau, J.; Lee, B.; El-Geneidy, A. Better understanding of factors influencing likelihood of using shared bicycle systems and frequency of use. *Transp. Res. Rec.* **2012**. [CrossRef]
62. Kennedy, C.; Miller, E.; Shalaby, A.; MacLean, H.; Coleman, J. The four pillars of sustainable urban transportation. *Transp. Rev.* **2005**. [CrossRef]
63. Taniguchi, E. Concepts of City Logistics for Sustainable and Liveable Cities. *Procedia Soc. Behav. Sci.* **2014**. [CrossRef]
64. Gössling, S. Urban transport justice. *J. Transp. Geogr.* **2016**. [CrossRef]
65. Cullinae, K.; Cosgrove, T. *Smarter Travel in Six European Cities*; University of Limerick: Limerick, Ireland, 2010.
66. Tanczos, K.; Torok, A. Linear optimization model of urban areas' operating efficiency. *Transport* **2007**, *22*, 225–228. [CrossRef]
67. Turskis, Z.; Zavadskas, E.K.; Zagorskas, J. Sustainable City Compactness Evaluation on the Basis of Gis and Bayes Rule. *Int. J. Strateg. Prop. Manag.* **2006**, *10*, 185–207. [CrossRef]
68. Jakimavičius, M.; Burinskiene, M. Susisiekimo sistemos analizė ir rangavimas vilniaus miesto transporto rajonuose naudojant gis. *Technol. Econ. Dev. Econ.* **2009**, *15*, 39–48. [CrossRef]
69. Bogart, W.T.; Ferry, W.C.; Bogart, W.T.; Ferry, W.C. Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City. *Urban Stud.* **1999**, *36*, 2099–2110. [CrossRef]
70. Jakimavičius, M.; Burinskiene, M. Assessment of Vilnius city development scenarios based on transport system modelling and multicriteria analysis. *J. Civ. Eng. Manag.* **2009**, *15*, 361–368. [CrossRef]
71. Abukauskas, N.; Sivilevičius, H.; Puodžiukas, V.; Lingyte, I. Road safety improvement on at-grade intersections. *Balt. J. Road Bridg. Eng.* **2013**, *8*, 212–219. [CrossRef]
72. Klibavičius, A.; Paliulis, G.M. Increasing the capacity of intersections by short traffic lanes. *Transport* **2012**, *27*, 67–72. [CrossRef]
73. Vilnius Metro. Available online:www.vilniausmetro.lt(accessed on 4 October 2020).
74. Wolny, A.; Ogryzek, M.; Źróbek, R. Challenges, Opportunities and Barriers to Sustainable Transport Development in Functional Urban Areas. In Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017, Vilnius, Lithuania, 27–28 April 2017.